



TITLE:

Trajectory Control of Manipulators with Flexibility(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Harada, Kensuke

CITATION:

Harada, Kensuke. Trajectory Control of Manipulators with Flexibility. 京都大学, 1997, 博士(工学)

ISSUE DATE:

1997-03-24

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/202278>

RIGHT:

氏 名	はら だ けん すけ 原 田 研 介
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 1577 号
学位授与の日付	平 成 9 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 機 械 工 学 専 攻
学位論文題目	Trajectory Control of Manipulators with Flexibility (柔軟性を持つマニピュレーターによる軌道制御)

論文調査委員	(主 査) 教 授 吉 川 恒 夫	教 授 土 屋 和 雄	教 授 島 進
--------	----------------------	-------------	---------

論 文 内 容 の 要 旨

ロボットアームにおいて軽量化や高速高精度化が進められると、アームにおける柔軟性が無視できない要素となる。このため、柔軟性を持つロボットアームの制御が注目されている。ロボットアームを用いて実際の作業を行うことを考えると、手先が実現する連続軌道や手先が環境に加える力も制御されるべきである。このような観点から本論文は、柔軟性を持つロボット機構に対し、高速高精度な手先の追従を可能にする、あるいは、正確な手先追従と安定性の両立を可能にする制御系の提案を行うものである。本論文は6章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的を概説し、本論文の概要を示している。

第2章では、マクロ・マイクロシステムとよばれる、フレキシブルアームの先端に小さく高剛性のアームを付けた構造のシステムによる位置と力のハイブリッド制御を提案している。マイクロ部は小さく高剛性なため高速高精度な動作が可能であるが、作業範囲は狭い。それに対してマクロ部は作業範囲は広いが、柔軟性のため高速高精度な動作は不可能である。これらマクロ部、マイクロ部のそれぞれの長所を生かすことで、柔軟性を持つロボットアームの高速高精度な位置と力の追従が可能となる。準静的ハイブリッド制御とアームの動特性を考慮に入れた動的ハイブリッド制御の、2つの位置と力のハイブリッド制御則を提案している。2自由度のマクロ部と2自由度のマイクロ部を持つアームを用いた実験により提案する制御系の有効性を示すとともに、アームが高速高精度に動く時には、動的ハイブリッド制御は準静的ハイブリッド制御と比較してより有効であることを示している。

第3章では、従来のフレキシブルアームにおいては内部安定性を確保するために正確な手先追従が犠牲になっていたため、安定性と手先追従を両立させる方法について考察を行っている。従来型のフレキシブルアームとマクロ・マイクロシステムの、2つの形態のフレキシブルアームの比較を行い、従来型のフレキシブルアームにおいては内部不安定性のために正確な手先追従が不可能であったのが、マクロ・マイクロシステムにおいては可能となることを新たな制御則の提案を通じて示している。制御系の有効性をシミ

ュレーションならびに実験によって示している。まず、シミュレーションでは、従来のフレキシブルアームにおいて安定性を考慮しない制御系と提案する安定性を考慮した制御系、さらにマクロ・マイクロシステムに安定性を考慮した提案する制御系の3つを比較している。安定性を考慮しない制御系は不安定となるが、提案する制御系はいずれも安定な応答が得られている。また、マクロ・マイクロシステムでは従来のフレキシブルアームにおいて生じる手先誤差が消えている。ついで、実験では提案するマクロ・マイクロシステムの軌道制御法が有効であることを示している。

第4章では、第3章の結果を、マクロ・マイクロシステムによる動的な位置と力のハイブリッド制御に拡張している。提案する制御系の有効性を実験により検討し、安定性を考慮した提案する制御系では、安定性を考慮しない従来の制御系よりも早く振動が収まることを確認している。

第5章では、柔軟関節を有する直交型ロボット機構の軌道制御について検討を行っている。直交型ロボット機構は産業界等でよく用いられる構造であるが、従来まで柔軟性をもつ直交型ロボット機構の研究はほとんど行われていなかった。3自由度ロボット機構の2つの関節に柔軟性が存在する場合を扱い、新たな軌道制御則の提案を行っている。提案する制御系の有効性をシミュレーションにより確認している。シミュレーションでは従来のPD制御則と提案する制御則の比較を行い、提案する制御則が制御誤差が小さく、振動も早く収まることを確認している。

第6章は結論であり、本研究の総括を行っており、また将来の研究課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

ロボットアームの応用分野の拡大と高速高性能化の要望にともない、そのリンクや関節のたわみが無視できなくなりつつある。本論文はこのようなアームの柔軟性を考慮に入れたロボットアームの軌道制御の研究に関する成果をまとめたもので、得られた主な成果は以下の通りである。

1. マクロ・マイクロシステムと呼ばれる、フレキシブルアームの先端に小型で高剛性のアームをつけた構造のシステムに対して、手先位置と接触力を制御するための、準静的制御と動的制御の2つの制御則を提案した。実験によって、低速動作に対しては準静的制御でも十分であるが、高速時には動的制御が有効であることを確認した。
2. フレキシブルアームの軌道制御における内部安定性に関して、フレキシブルアームのみのシステムとマクロ・マイクロシステムを比較し、フレキシブルアームのみでは内部安定性と正確な手先追従を両立させることは出来ないが、マクロ・マイクロシステムにおいては可能となることを示し、そのための新たな動的軌道制御則を提案した。
3. 上述の動的軌道制御則を手先位置と接触力のハイブリッド制御の場合に拡張し、この制御則の有効性を実験により確認した。
4. 加工機械等の剛性不足の問題に対処することを目的として、柔軟関節を有する直交型ロボット機構に対する1つの軌道制御則を提案し、これにより高精度な軌道追従が実現できることをシミュレーションによって確認した。

以上要するに、本論文はリンクや関節に柔軟性を有するロボットマニピュレータに対して、その手先位

置の目標軌道への追従や、マニピュレータが他の物体と接触して移動する場合の手先位置および接触力の目標軌道への追従を、安定性を確保しつつ高速高精度に実現するための制御則の確立をはかったものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成9年1月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。